

# BENEFICIOS DEL EJERCICIO FÍSICO ACUÁTICO EN LA READAPTACIÓN DE LA LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

Jaime Agraz y Valentín Martínez-Frígols

Universidad Miguel Hernández de Elche

## OPEN ACCES

### Correspondencia:

Jaime Agraz Rubio  
Avenida de la Mancha, 18, 03130  
Elche (España)  
jaime.agraz.jaime@gmail.com

### Funciones de los autores:

Los dos autores han participado por igual en todas las partes de la revisión. Ambos autores han estado implicados tanto en la lectura, comprensión, análisis y redacción del trabajo. Además, los dos autores han aprobado esta versión final de la revisión.

Recibido: 20/12/ 2016

Aceptado: 18/03/2017

Publicado: 1/04/2017

### Citación:

Agraz, J., & Martínez-Frígols, V. (2016). Beneficios del ejercicio acuático en la readaptación de la lesión del LCA. *Revista de Investigación en Actividades Acuáticas*, 1(1), 33-39. <https://doi.org/10.21134/riaa.v1i1.1108>

## Resumen

**Antecedentes:** La rodilla es una unidad funcional anatómica móvil que juega un papel clave en la función deportiva. Las lesiones producidas en esta articulación y, más específicamente, las roturas de ligamento cruzado anterior son de gran gravedad obligando al deportista a estar mucho tiempo apartado de la competición. En los últimos años, el trabajo en el medio acuático se ha incrementado debido a las diferentes ventajas que este proporciona. En cuanto a la readaptación de este tipo de lesiones, las terapias acuáticas pueden ser favorables debido a su implementación en etapas tempranas en las que se requiere minimizar el impacto en la articulación lesionada.

**Objetivos:** Averiguar si la readaptación en el medio acuático produce beneficios durante las distintas fases de recuperación de la lesión del ligamento cruzado anterior respecto a una readaptación en el medio terrestre.

**Método:** Se ha llevado a cabo una revisión de artículos que han comprobado los beneficios obtenidos entre una readaptación acuática y otra tradicional, así como la complementación de ambas.

**Resultados:** Los resultados obtenidos no muestran diferencias significativas en la mayoría de variables (dolor, ROM, fuerza, etc.), aunque sí se evidencian mejoras en cuanto al tiempo de recuperación durante el ejercicio en el medio acuático. También se encuentran diferencias negativas en el trabajo de fuerza isquibial en el medio acuático respecto al entrenamiento tradicional.

**Conclusiones:** El ejercicio físico en el medio acuático es un complemento útil para la recuperación terrestre. Además, facilita la recuperación en la etapa temprana de la lesión.

**Palabras clave:** ligamento cruzado anterior, rotura, intervención quirúrgica, hidroterapia, piscina, recuperación, ROM, fuerza.

## Summary

**Introduction:** The knee is a mobile anatomical functional unit that plays a key role in sports function. The injuries produced in this joint and, more specifically, anterior cruciate ligament tears are of great gravity, forcing the athlete to be a long time away from the competition. In recent years, work in the aquatic environment has increased due to the different advantages it provides.

Regarding the rehabilitation of this type of lesions, aquatic therapies may be favorable due to their implementation in the early stages in which it is required to minimize the impact on the injured joint.

**Objectives:** To determine if the readaptation in the aquatic environment produces benefits during the different phases of recovery of the anterior cruciate ligament injury with respect to a readaptation in the terrestrial environment.

**Method:** A review has been carried out of articles that have verified the benefits obtained between an aquatic and a traditional readaptation, as well as the complementation of both.

**Results:** The results obtained do not show significant differences in the majority of variables (pain, ROM, force, etc.), although there is evidence of improvement in recovery time during exercise in the aquatic environment. There are also negative differences in the work of isquibial force in the aquatic environment compared to traditional training.

**Conclusions:** Physical exercise in the aquatic environment is a useful supplement for terrestrial recovery. It also facilitates recovery at the early stage of the injury.

**Keywords:** anterior cruciate ligament, rupture, surgical intervention, hydrotherapy, pool, recovery, ROM, strength.

## Resumo

**Antecedentes:** O joelho é uma unidade funcional anatómica móvel que desempenha um papel fundamental na função desporto. Lesões nessa articulação e, mais especificamente, quebra ACL são extremamente graves obrigando o atleta a ser longo para fora da competição. Nos últimos anos, o trabalho no ambiente aquático tem aumentado devido às diversas vantagens que ela proporciona. Como para a reabilitação de tais lesões, terapia da água pode ser favorável devido à sua implementação em estágios iniciais é necessária para minimizar o impacto sobre a articulação lesada.

**Objetivos:** Descubra se a reciclagem no ambiente aquático produz benefícios durante as várias fases de lesão recuperação ACL sobre um retrofit em terra.

**Método:** Realizou uma revisão de artigos têm mostrado os benefícios obtidos a partir de uma reabilitação aquática e outra tradicional e complementação de ambos.

**Resultados:** Os resultados não mostram diferenças significativas na maioria das variáveis (dor, ROM, força, etc.), embora melhorias no tempo de recuperação são evidentes durante o exercício em ambiente aquático. As diferenças negativas também são encontrados na isquibial força de trabalho no ambiente aquático em relação à formação tradicional.

**Conclusões:** Exercício física no meio aquático é útil para recuperação complemento terrestre. Além disso, facilita a recuperação na fase inicial da lesão.

**Palavras-chave:** ligamento cruzado anterior, de ruptura, de intervenção quirúrgica, piscina de hidroterapia, recuperação, ROM, força.

## Introducción

La rodilla es una unidad funcional anatómica móvil que juega un papel clave en la función deportiva. Está localizada en el lugar en el que el fémur se une con la parte superior de la tibia. Cuatro ligamentos principales conectan estos dos huesos (Mangine et al., 2008): Ligamento colateral lateral (LCL), ligamento colateral medial (LCM), ligamento cruzado anterior (LCA) y ligamento cruzado posterior (LCP).

La lesión de rodilla más común es la rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) la cual tiene una incidencia de 1 de cada 3.000 personas al año, haciendo así de la cirugía de reconstrucción de LCA (LCAR) el sexto procedimiento ortopédico más común (Zamarioli et al., 2008). El mecanismo más frecuente de la lesión de LCA es debido a la rotación del fémur sobre la tibia, estando el pie fijo en el suelo durante un movimiento de valgo en el momento flexor, que contrarresta así la acción potente del cuádriceps que anterioriza la tibia respecto al fémur, lesionando el LCA (Kobayashi et al., 2010; Zahínos et al., 2010). El 70%, se produce sin contacto debido a la desaceleración brusca con la rodilla bloqueada en extensión, con o sin cambio de dirección, o al caer después de un salto (Boden et al., 2000). Además, según Walden et al. (2015), los gestos deportivos más comunes en los que se produce este tipo de lesión son durante la frenada en la presión, tras la caída de un salto. Según Zahínos (2010), se ha relacionado la incidencia de lesiones en la rodilla con desequilibrios entre una elevada fuerza extensora del cuádriceps y una escasa fuerza flexora de los femorales posteriores.

Durante las dos últimas décadas, ha habido una creciente atención a los programas de rehabilitación para la reconstrucción del LCA, pero aún no se ha encontrado un programa óptimo de rehabilitación (Mombert et al., 2008). Los protocolos de doce meses que requieren inmovilización y no soportar peso han dado paso a protocolos acelerados que permiten un peso inmediato, sin inmovilización y regreso a la actividad en meses (Tovin et al., 1994). Para esto se utilizan diferentes métodos de recuperación como el entrenamiento en piscina o mediante la carrera sin gravedad con la cinta "G-Trainer®". Además, la velocidad y seguridad con la que un atleta vuelve a la competición después de una operación de LCA depende de muchos factores, incluido el tipo de rehabilitación llevado a cabo (Sayed, 2016).

Existe un creciente interés por el ejercicio acuático porque este medio proporciona un "medio sin impacto" que produce escasa tensión en el músculo, huesos y tejido conectivo en comparación con las actividades de la tierra. Este método proporciona una forma ideal para que los atletas comiencen a entrenar antes de progresar a la formación en tierra y puede ser útil en la rehabilitación y la prevención de lesiones porque no aumenta el riesgo de eventos adversos relacionados con la herida o la lesión en comparación con una terapia terrestre (Villalta et al., 2013).

Según Jurado-Lavant et al. (2015) y Humphries et al. (2016), esta prematura vuelta al entrenamiento mediante la terapia acuática podría ser explicada por las propiedades del agua, específicamente:

- La temperatura del agua influye en las distintas mejoras obtenidas porque, según, el ejercicio acuático realizado entre temperaturas de 33,5 y 35,5° C tiene una serie de beneficios fisiológicos, anatómicos y de equilibrio.
- La flotabilidad proporcionada por el agua debido a la densidad del líquido en comparación con la densidad del aire, lo que reduce significativamente las fuerzas de impacto máximas (33-54%), el impulso (19-54%) y la velocidad de desarrollo de la fuerza (33-62%) en agua comparado con el medio terrestre (esto proporciona una oportunidad para llevar a cabo la carga temprana de peso completo en el agua para permitir la educación de la marcha).

- El agua es más densa que el aire y proporciona resistencia al movimiento, por lo tanto, esta resistencia aumenta la carga de trabajo de los músculos durante la fase concéntrica, lo que resulta en el potencial de mayores ganancias de fuerza.

Según Zamarioli et al, (2008) los ejercicios acuáticos han sido generalmente recomendados por su capacidad para permitir la movilización activa temprana y para mejorar el rendimiento neuromuscular, especialmente durante la fase inicial del programa de rehabilitación. Además, debido a las características del medio acuático desarrolladas anteriormente, la reducción de la gravedad y la flotabilidad del agua disminuye los efectos perjudiciales de las fuerzas de carga y de impacto sobre la estructura de la articulación. Igualmente, la presión del agua reduce la hinchazón de las lesiones y aumenta la circulación sanguínea, lo que ayudará a mejorar la regeneración del ligamento injertado por el aumento de la irrigación sanguínea.

Para el entrenamiento en el medio acuático, la fuerza hidrodinámica puede ser regulada durante el ejercicio controlando la postura corporal y eligiendo distintos materiales de resistencia (palas, mancuernas, aletas, etc.). Sin embargo, la actividad electromiográfica de los ejercicios bajo el agua se redujo en comparación con ejercicios similares realizados en el medio terrestre (Zamarioli et al., 2008).

La investigación publicada sobre las propiedades físicas y los efectos biomecánicos del agua en la rodilla (Mombert et al., 2008) indica que el uso del ejercicio físico en el medio acuático en la rehabilitación de rodilla puede ser un complemento útil para un programa terrestre de readaptación del LCA. Un programa combinado puede ser beneficioso para los participantes deportivos, ya que permite más carga conjunta, la rehabilitación agresiva y el retorno anterior a la función completa de la rodilla. En este sentido, los principales objetivos, independientemente del método empleado en la readaptación de la lesión, continúan siendo la recuperación de la amplitud de movimiento articular (ROM), la capacidad de generación de fuerza del músculo femoral del cuádriceps y la musculatura posterior del tren inferior, y las habilidades ambulatorias (Tovin et al., 1994). Para la recuperación de la lesión, Hernández-Paredes et al. (2011), propone una estructuración basada en 4 fases: 1) tratamiento médico; 2) rehabilitación + readaptación (en esta fase se comenzaría a aplicar el trabajo en el medio acuático); 3) readaptación; 4) vuelta al grupo.

Ya que la lesión de LCA es una de las más comunes en los deportistas y su correcta readaptación y recuperación tiene una gran importancia a nivel deportivo, el objetivo de esta revisión ha sido analizar los beneficios que produce su recuperación en el medio acuático como complemento del entrenamiento en el medio terrestre.

## Método

### Búsqueda documental

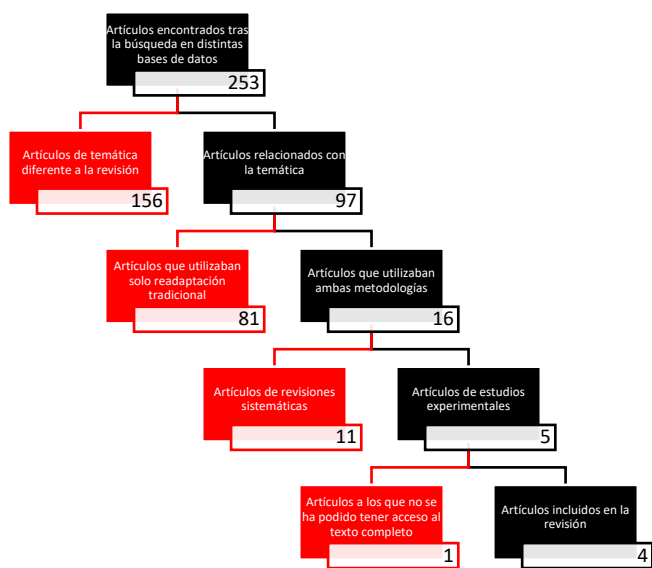
Para el desarrollo de recopilación de información se han analizado 4 artículos de investigación publicados en revistas científicas relacionadas con la temática a tratar (Figura 1).

### Procedimiento

La búsqueda bibliográfica para esta revisión ha sido llevada a cabo en las siguientes bases de datos: PubMed, Google Académico, Scopus, ScienceDirect, PEDro (Physiotherapy Evidence Database) y ResearchGate. Para ello se han utilizado las siguientes frases y palabras clave: "ACL", "Anterior Cruciate Ligament", "water", "aquatic therapy", "hydrotherapy", "pool", "readaptation"; así como la combinación de varias de ellas para la búsqueda documental en las distintas bases como: "ACL pool readaptation", "ACL aquatic therapy", "anterior cruciate ligament hydrotherapy" o "ACL water readaptation".

En cuanto a los criterios de selección de los artículos válidos para la revisión, para la inclusión las pruebas deberían comparar el entrenamiento en agua con el entrenamiento en suelo o bien comparar distintas maneras de complementar estos dos tipos de terapias de readaptación. Además, las muestras utilizadas en estos artículos tenían que ser personas mayores de edad (> 18 años) y debían estar operados tras una lesión de rotura completa de LCA. También, estos participantes estarían en la fase 2 o superior (rehabilitación + readaptación) de la recuperación de la lesión. Estas pruebas deberían constar de varios grupos mediante los que se comparasen los distintos tipos de entrenamiento realizados a lo largo del estudio.

**Figura 1. Diagrama de flujo que muestra el proceso de selección de los estudios relevantes.**



De la misma manera, en cuanto a los criterios de exclusión utilizados se encuentran las pruebas realizadas con personas que habían sufrido una lesión parcial de LCA, todos aquellos documentos no publicados, además de todos aquellos que no cumplieren los criterios de inclusión anteriormente expuestos.

Las publicaciones revisadas estaban escritas en su totalidad en inglés o en español. Se empleó un tiempo de dos meses, aproximadamente, para el la lectura, el análisis y la redacción de la revisión. Para su revisión y desarrollo se han encontrado distintos inconvenientes como: problemas de existencia de investigaciones mediante pruebas experimentales relacionadas con la temática de la lesión del LCA y que a su vez incluyesen una metodología mediante el medio acuático para la comparación de las diferentes variables estudiadas. Estas dificultades han radicado en la inexistencia de suficientes investigaciones y en el impedimento para conseguir la publicación completa.

En cuanto al análisis de datos de los artículos revisados se les ha aplicado la escala PEDro para evaluar la validez interna y externa de los estudios experimentales aleatorizados, mediante la cual se han obtenido los resultados presentados en la tabla 1. En función de la puntuación obtenida por los diferentes artículos estos se clasificaron como de excelente validez (9-10 puntos), de buena validez (6-8 puntos), de validez regular (4-5 puntos) o de pobre validez (0-4 puntos) (de Morton, 2009). Las 3 pruebas experimentales analizadas han conseguido una puntuación de 8 en la escala demostrando ser estudios de una buena validez.

## Resultados

Los artículos revisados (Tabla 2) en este trabajo se dividen en dos grupos: tres de ellos comparan el trabajo de diferentes cualidades en el medio acuático con los trabajos para desarrollar esas cualidades en el trabajo en el medio terrestre de manera tradicional en la readaptación de una lesión de LCA. El artículo restante compara la manera de distribución del trabajo acuático como complemento de un trabajo en el medio terrestre y concluye qué momento es para llevar a cabo esos ejercicios de readaptación en medio acuático a lo largo de la recuperación de la lesión.

Kim et al. (2010) compara entre diferentes ejercicios realizados en el medio acuático y esos mismos ejercicios realizados de manera tradicional. En este estudio piloto, participan 22 personas, de los cuales seis de ellos eran mujeres; todos estaban operados del LCA y se encontraban en la fase de readaptación de la lesión. Los participantes se dividieron en dos grupos, uno de ellos realizaba ejercicios en piscina y el otro en el medio terrestre. Estas tareas estaban compuestas por ejercicios de rango de movimiento (ROM), de fuerza, propioceptivos y funcionales. Durante los programas se tomaban las medidas de las variables en el momento inicial y durante las semanas 2 y 4.

Ambos grupos experimentales demostraron una disminución en los valores del dolor (VAS) sin una diferencia significativa entre ambos grupos de trabajo, aunque sí se demostró un descenso más rápido en el grupo de piscina en comparación con el grupo de medio terrestre. En cuanto a la estabilidad tanto estática como dinámica, ambos grupos presentaron una mejora significativa, pero sin encontrar diferencias entre ellos. Respecto al tiempo de apoyo monopodal no se encontraron diferencias entre ambos métodos de trabajo. Cabe destacar que, a pesar de no encontrar diferencias en los valores, sí que se demostró una mayor rapidez en las mejoras obtenidas en el grupo que trabajaba en el medio acuático en comparación con aquel que realizaba el trabajo en el medio terrestre; por lo que, las actividades acuáticas pueden ser un medio ideal para una vuelta al ejercicio más rápido, pudiendo ser válidos estos ejercicios en las fases iniciales de los programas de rehabilitación.

En el estudio de Momberg et al. (2008) se investigó la efectividad de un programa de rehabilitación acelerada y un programa de readaptación acuática después de una intervención para la reconstrucción del LCA. Para ello se utilizaron tres personas, todos ellos hombres; cada uno de ellos llevó a cabo un programa de readaptación en el que se complementaba tareas de rehabilitación tradicional con tareas de hidroterapia, con una diferencia temporal en el momento de aplicar la metodología acuática (persona 1: semanas 2-8; persona 2: semanas 3-9; persona 3: semanas 4-10); además, todas las mediciones se realizaban semanalmente. Los ejercicios que realizaban en las fases de medio terrestre eran de flexión de rodilla, deambulación, ROM, bicicleta estática, musculación y específicos del deporte; en cuanto al entrenamiento acuático, se basaban en ejercicios de reeducación de la marcha, musculación, balance y propiocepción, ejercicios pliométricos y acciones específicas relacionadas con el deporte.

Las tres personas mostraron una mejoría a lo largo de todo el programa. En cuanto al dolor y la funcionalidad, la persona número 3 presentó un mayor progreso durante la fase en la que se incluyó la hidroterapia. Respecto al rango de movimiento, en la flexión activa, los tres presentaron grandes mejoras con el trascurso del programa empleado; sin embargo, con la comparación del ROM en la extensión activa, la persona número 1 fue la que mejor rendimiento presentó ante el programa, mientras que los mayores valores de extensión se encontraron en la persona número 2. Con la prueba de la caminata de los seis minutos se pretendía medir la funcionalidad en la marcha de estos tres participantes, los cuales todos mejoraron significativamente,

**Tabla 1. Resultados escala PEDro para los artículos de pruebas aleatorias analizados.**

Estudio	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10	Criterio 11	Total
Kim, Kim, Kang, Lee, & Childers (2010)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Tovin, Wolf, & Greenfield (1994)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Zamarioli, Pezolato, Mieli, & Shimano (2008)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8

pero los participantes 1 y 2 presentaron un mayor progreso que el participante 3. Estos resultados muestran que un programa de hidroterapia puede ser un complemento y seguro para un programa terrestre útil para la mejora de los pacientes y después de la reconstrucción de LCA.

El propósito de Tovin et al. (1994) en su investigación fue comparar una rehabilitación terrestre con un programa de rehabilitación basado en tareas acuáticas. En el estudio participaron 20 personas (14 hombres y 6 mujeres) con una media de edad de  $29 \pm 7.8$  años, todo ellos habían sido intervenidos mediante una artroscopia para la reconstrucción del LCA. Los participantes fueron divididos en dos grupos de 10 participantes cada uno; el primer grupo llevó a cabo un programa de rehabilitación terrestre mediante ejercicios como bicicleta estática, deambulación sin rodillera, ejercicios con step, flexo-extensión de rodilla desde sentado, etc.; el segundo grupo basó su recuperación en un programa de tareas acuáticas similares al grupo 1 pero utilizando implementos adecuados para el medio en el que se moverían (aparato de pedaleo, hidrotone®, etc.). Las recogidas de datos de las distintas variables se llevaron a cabo en las semanas 2, 4, 6 y 8 del programa.

En cuanto a la laxitud de los participantes no se encontraron diferencias al comparar ambos grupos e trabajo, aunque ambos grupos mostraron una mejoría a lo largo de las semanas del programa de recuperación. Respecto a los datos recogidos del torque máximo en las medidas isométricas e isocinéticas, no se encontraron diferencias significativas entre grupos en las pruebas isométrica de flexión y extensión, ni en la isocinética de extensión. Sin embargo, los resultados logrados durante la prueba isocinética de flexión se encontraron desigualdades en las que el grupo de entrenamiento tradicional mostraba unos valores mayores en comparación con el grupo de trabajo en piscina. En cuanto a la circunferencia y el ROM pasivo de la articulación tampoco se obtuvieron diferencias significativas entre los distintas metodologías. Finalmente, se mostró que la recuperación en piscina es igualmente efectiva que el programa tradicional excepto en la readaptación de la fuerza del grupo muscular isquiotibial. Por el contrario, el grupo que trabajó en el medio acuático experimentó una mejor recuperación respecto al derrame, lo que facilita la recuperación.

Por su parte, Zamarioli et al. (2008) llevaron a cabo una comparación entre una recuperación basada en el entrenamiento en el medio terrestre y otra basada en el entrenamiento en el medio acuático, siguiendo de esta manera la línea marcada por Tovin (1994) e intentando completar aquello que no se tuvo en cuenta en la primera investigación. En este estudio participaron 13 personas, de los cuales tres no pudieron completar el programa completo. Los 10 participantes restantes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos (un grupo para recuperación en suelo y otro grupo para recuperación acuática) y todos ellos habían sido intervenidos para reconstruirles una lesión de LCA. El programa de recuperación estuvo basado en ejercicios tanto de cadena cinética abierta como de cadena cinética cerrada, tareas de entrenamiento neuromuscular, estiramientos, etc. Respecto al grupo que trabaja en la piscina, realiza el mismo programa de ejercicios que el

trabajo en el medio terrestre pero adaptado al medio en el que lo realizan. Las mediciones se realizaban en el momento inicial y en las semanas 3, 6, 9 del programa de recuperación. Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas durante esta investigación no concluyeron diferencias significativas entre grupos en las variables de dolor, ROM, fuerza muscular, circunferencia e hinchazón. Sin embargo, el grupo acuático presentó una activación neuromuscular más rápida, lo que ayudaría a facilitar la velocidad de recuperación. Finalmente, encontraron que el agua puede proporcionar una mejor condición para una recuperación más rápida de la lesión.

### Discusión

El propósito de esta revisión fue evaluar si un protocolo de readaptación realizado en el medio acuático ofrece mayores beneficios que una realizado en el medio terrestre midiendo la reducción del dolor, la disminución de la hinchazón, el aumento de la amplitud del movimiento o el aumento de la fuerza muscular. En esta revisión se han utilizado los artículos relacionados con la temática en los que se realizaba una comparación entre ambos protocolos y que trataran a personas después de una operación del LCA.

En los artículos revisados no se han encontrado diferencias significativas en cuanto a la reducción del dolor, la reducción de la hinchazón, el aumento de la fuerza y el ROM. Aunque en la readaptación en el medio acuático se muestran mayores mejorías en todas las categorías, aunque como se ha dicho anteriormente no de manera significativa.

En su artículo Tovin et al. (1994), utilizaron dos grupos de readaptación, uno en el medio acuático únicamente y otro en el medio terrestre, y los compara entre ellos. No encontró diferencias significativas en cuanto a la laxitud articular, el ROM, la inflamación, la flexo-extensión realizándola excéntricamente o en la extensión realizándola de manera isocinética. Pero si observa una diferencia significativa en el pico medio de fuerza de flexión realizando el ejercicio de manera isocinética. El grupo que realizaba la readaptación en el grupo terrestre obtuvo mejores puntuaciones en el torque que el grupo acuático. Así los autores concluyen que la readaptación en el medio acuático es más eficaz en cuanto a la reducción del derrame en la rodilla y permitía realizar una recuperación más temprana según los datos obtenidos en la Escala Lysholm, la cual mide la funcionalidad de la articulación de la rodilla. Con esta escala también se pudo comprobar que la readaptación basada en agua es tan eficaz como la readaptación en el medio terrestre para el ROM y la fuerza en el cuádriceps, pero no fue así para la fuerza en los isquiotibiales, la cual aumentaba en mayor medida en el medio terrestre. Para concluir, los autores sugieren que en futuros estudios en los grupos de readaptación acuática se debería incorporar tanto la readaptación en el medio acuático como en el medio terrestre, es decir, no realizar exclusivamente el trabajo en un solo medio.

Teniendo en cuenta lo concluido en el artículo de Tovin et al. (1994), Zamarioli et al. (2008) realizaron un estudio en el cual el grupo de readaptación en el medio acuático realizaba ejercicios acuáticos y

Tabla 2. Resumen de los estudios incluidos en la revisión.

Referencia	Participantes	Intervención	Mediciones	Frecuencia Mediciones	Resultados/Conclusiones
Kim, Kim, Kang, Lee, & Childers (2010)	N = 22 (6m) - GP: n = 11 (3m); edad: 26 ± 4.1 - GT: n = 11 (3m); edad: 26 ± 3.6	Prueba experimental aleatoria controlada - GP = Ejercicios de fuerza subacuáticos, ejercicios propioceptivos y funcionales subacuáticos, ejercicios de carrera subacuáticos - GT = Ejercicios de fuerza, ejercicios propioceptivos y funcionales, ejercicios de carrera en escalera de coordinación	- Dolor → VAS - Estabilidad dinámica y estática → Biodex Balance System® (Plataforma de Equilibrios) - Tiempo apoyo monopodal → GAITRite® (Tapiz con sensores de presión)	Semanas: 0, 2, 4.	VAS → No diferencias significativas entre ellos BBS® → No diferencias significativas entre ellos GAITRite® → No diferencias significativas entre ellos En las 3 variables → Grupo acuático mejoras más rápidas que Grupo suelo
Momberg, Louw, & Crous (2008)	N = 3 (3h) - Serie1: n = 1; edad: 26 - Serie2: n = 1; edad: 28 - Serie3: n = 1; edad: 43	Diseño de línea de base múltiple (10w) - S1: D10-D14 → ACR; W2-W8 → H+ACR; W8-W12 → ACR - S2: D10-W3 → ACR; W3-W9 → H+ACR; W9-W12 → ACR S3: D10-W4 → ACR; W4-W10 → H+ACR; W10-W12 → ACR ACR = Ejercicios de flexión, deambulación, ROM, ciclismo, musculación y específicos del deporte H = ejercicios reeducación de la marcha, musculación, balance y propiocepción, pliométricos y específicos del deporte	Dolor y funcionalidad → KOOS. ROM activo rodilla → Goniómetro Funcionalidad en la caminara → 6MWT	Semanalmente	KOOS → S3: mejora más en la Fase H+ACR. ROM flexión → Los 3 mejoran durante todo el estudio de forma similar ROM extensión → Serie1 obtuvo el mayor efecto; Serie2 la mayor extensión 6MWT → ↑ S1 y S2 > ↑ S3
Tovin, Wolf, & Greenfield (1994)	N = 20 (14h, 6m); edad: 29 ± 7.8 - GT: n = 10 (8h, 2m) - GP: n = 10 (6h, 4m)	Prueba experimental aleatoria (8w). - GT = bici estática, deambulación sin rodillera, step-ups, step-downs, flex, ext, abd, add cadera contra resistencia, flexo-extensión de rodilla sentado - GP= ciclismo con aparato de pedaleo, deambulación sin rodillera, step-ups, step-downs, flex, ext, abd, add cadera usando hydrotone, flexo-extensión de rodilla de pie usando hydrotone	Laxitud → KT-1000. Torque isométrico e isocinético de rodilla → dinamómetro electrónico ROM pasivo rodilla → Goniómetro Circunferencia de la rodilla → cinta métrica estándar Funcionalidad articulación rodilla → Escala Lysholm	Semanas: 2, 4, 6, 8.	KT-1000 → No diferencias significativas entre grupos. T → No diferencias significativas en: Isométrico flex y ext e Isocinético ext. - Isocinético flex → GT > GP ROM → No diferencias significativas entre grupos Circunferencia → No diferencias significativas entre grupos GP → mejor disminución del derrame → facilita recuperación GT → más efectivo en recuperación de la fuerza isquiotibial
Zamarioli, Pezolato, Mieli, & Shimano (2008)	N = 10 - GT: n = 5 - GP: n = 5	Prueba experimental aleatoria (9w). - GT: CCA, CCC ejercicios, entrenamiento neuromuscular, técnicas de estiramiento. - GP: mismos ejercicios que en suelo pero con un protocolo acuático.	Dolor → NRS ROM → Goniómetro. Fuerza muscular → Prueba muscular manual. Circunferencia muscular → Cinta métrica. Hinchazón → Cinta métrica.	Semanas: 0, 3, 6, 9.	NRS, ROM, Fuerza muscular, Circunferencia, Hinchazón → No diferencias significativas entre grupos. PG → más rápida activación neuromuscular → facilita una recuperación más rápida.

Abd = abducción; ACR = Programa de readaptación tradicional acelerado; add = adducción; BBS = Biodex Balance System; CCA = Cadena Cinética Abierta; CCC = Cadena Cinética Cerrada; ext = extensión; flex = flexión; GP = Grupo Piscina; GT = Grupo Tradicional; h = Hombres; H = Hidroterapia; KOOS = Escala de la lesión de rodilla y osteoartritis; KT-1000 = Artrómetro de rodilla; m = Mujeres; N = Número de sujetos; NRS = Escalas de Calificación Numérica; T = Torque; ROM = Rango de movimiento; VAS = Escala de valoración del dolor; w = semanas post-cirugía; 6MWT = Test de la marcha de 6 minutos.

terrestres. Cuando se comparaban las variables de reducción del dolor, el ROM, la fuerza y la inflamación el grupo acuático obtenía mayores resultados que el grupo terrestre pero como ocurría anteriormente estas diferencias en los resultados no eran significativas. Se observó que en el grupo que realizaba también trabajo acuático tenía una activación neuromuscular más rápida lo que conllevaba unas condiciones mejores para una recuperación más temprana.

En cambio, en el estudio de Momberg et al. (2008) se comparan las mejoras en los participantes dependiendo del momento en el cual se aplican los protocolos. En su estudio, utiliza tres personas los cuales fueron evaluados (como en anteriores artículos) acerca del dolor, la fuerza y el ROM durante las 12 semanas que transcurría el programa de intervención. Todos comenzaron la readaptación basada en tierra 10 días después de la operación y seguían con una readaptación acuática y terrestre acelerada de seis semanas en las semanas 2, 3 y 4 respectivamente después de la operación. Para realizar las mediciones se utilizó la escala de KOOS, la prueba de andar seis minutos y medidas de angulaciones, realizándose cada semana antes del trabajo. Todos experimentaron mejoras en la escala de KOOS, los participantes 1 y 2 mejoraron un 20% en los seis minutos andando y el participante 3 entorno a un 60%. Todos mostraron un aumento del ROM durante el completo, alcanzándose casi al completo el rango de movimiento en la fase acuática.

A través de estos resultados se observó que con una readaptación acelerada con trabajo en el medio acuático (realizando un trabajo conjunto con el de tierra) es útil para las personas que han sufrido una operación del LCA, gracias principalmente a las propiedades físicas del agua las cuales producen efectos en el organismo como pueden ser la reducción del dolor, el aumento del ROM y la posibilidad de recuperar de manera más temprana el rango de movimiento.

Siguiendo la línea de los artículos anteriores, Kim et al. (2010) utiliza en su artículo dos grupos de trabajo, uno en el medio acuático y otro en el medio terrestre. Ambos grupos utilizaban los mismos ejercicios en el entrenamiento. Las mediciones se realizaron al inicio y en las semanas 2 y 4 utilizando una escala para el dolor, una escala de estabilidad general (estática y dinámica) y se midió el tiempo de apoyo con un único apoyo. Los dos grupos de trabajo mostraron disminuciones en la percepción del dolor, en el índice de estabilidad general (tanto estática como dinámica) pero mostraron un aumento en el porcentaje de tiempo con un solo apoyo. Todo esto obtenido en las semanas 2 y 4. Como ha ocurrido en el resto de los artículos no se muestran diferencias significativas en ninguno de los ítems medidos, pero si se observa una pendiente más pronunciada en los gráficos del grupo de trabajo acuático, indicando así una posible mejora más rápida que en el grupo terrestre. Concluyéndose que el trabajo acuático puede ser recomendado en la fase inicial de un programa de readaptación.

La mayoría de los artículos muestran que el entrenamiento en el medio acuático puede ser una forma eficaz para trabajar en la primera fase de la readaptación después de una operación de LCA, pero no se observan resultados que muestren que puede ser más beneficioso que el trabajo terrestre. Para poder afirmar cuál de las dos metodologías sería más adecuada para una recuperación de una operación de LCA es necesario que se investiguen más a fondo las diferencias que se encuentran entre ambas maneras de trabajo. Para ello se requieren más estudios experimentales en un futuro que tomen como base los realizados anteriormente pero que subsanen aquellas limitaciones que estos presentan. Entre ellas podríamos encontrar un número de participantes bastante bajo, una diferencia de edades demasiado considerable, algunos estudios realizan un seguimiento demasiado corto a los mismos; además, sería aconsejable que futuras investigaciones se centrasen en buscar también las diferencias entre el empleo del trabajo acuático en las diferentes fases de la recuperación en comparación con la metodología tradicional.

Estas diferencias entre fases se podrían ver favorecidas por las diferencias entre el entrenamiento pliométrico acuático y entre el terrestre, ya que según Jurado-Lavanant et al. (En prensa), el entrenamiento pliométrico en agua produce menos estrés en las articulaciones debido a la flotabilidad producida por el agua, lo que sería beneficioso en etapas avanzadas de la recuperación de la lesión en la que se empiezan a realizar saltos. Además, si la temperatura del agua no es muy alta podrían darse características de crioterapia, que se ha demostrado que es beneficiosa para disminuir el dolor y mejorar la amplitud de movimiento (Dambros et al., 2012). Esto podría hacer que aumente el interés en comprobar en futuros estudios cuál sería la temperatura ideal del agua para realizar las tareas de la rehabilitación del injerto de LCA.

## Conclusiones

Después de la revisión de estudios de la temática llevada a cabo podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Tanto la rehabilitación basada en el tratamiento en tierra como la rehabilitación basada en el medio acuático ofrecen recuperación del dolor, del rango de movimiento, de la fuerza muscular e hinchazón de una persona que ha sufrido una reconstrucción de su ligamento cruzado anterior.
- La rehabilitación en el agua es igual de efectiva que en la tierra para restaurar la fuerza muscular de la rodilla y el músculo femoral del cuádriceps, pero no tan eficaz para restablecer la fuerza muscular de los isquiotibiales.
- La hidroterapia puede ser un complemento útil y seguro para un programa terrestre acelerado después de la reconstrucción del LCA.
- El principal beneficio de la rehabilitación basada en el agua es que se ofrece la activación temprana del músculo y ayuda a facilitar la recuperación del participante en la etapa temprana de la rehabilitación.

## Contribución e implicaciones prácticas

Una vez explicadas las conclusiones extraídas de esta revisión podemos decir que la rehabilitación basada en el medio acuático tiene ligeras ventajas respecto a la rehabilitación terrestre. Como se ha explicado anteriormente, la aplicación de la hidroterapia en etapas avanzadas de la recuperación ofrece mejoras a nivel neuromuscular y de activación, lo que facilita la readaptación. Por todo esto los autores de esta revisión proponemos una sesión tipo que se podría llevar a cabo en la planificación de recuperación de una lesión de LCA.

Esta sesión tipo está contextualizada para realizarla en la tercera fase de la recuperación (semanas 6-12), la cual consiste en un trabajo de readaptación de la rodilla y unos ejercicios más específicos del deporte practicado. En este ejemplo, la realizaremos para pacientes que practican fútbol porque es el deporte más extendido socialmente; además, esta sesión está desarrollada para un grupo de 10-12 personas de entre 20 y 35 años que han sufrido una lesión de LCA y han tenido que pasar por el quirófano para su reconstrucción.

Los ejercicios desarrollados durante esta sesión de readaptación podrían ser movilizaciones de la articulación de la rodilla desde el bordillo de la piscina, ejercicios de fortalecimiento muscular como squats, flexo-extensión de rodilla, tareas de propiocepción en step, saltos y caídas tras remate de cabeza, desplazamientos en distintas direcciones y con cambios de ritmo y de sentido, etc.

Además, estas tareas propuestas para la readaptación de la operación del LCA pueden desarrollarse durante las diferentes fases de la recuperación mediante el uso de diferentes implementos como steps,

pesas, gomas elásticas, balones, cinturones de arrastre, chalecos de resistencia, etc.

## Referencias

- Boden, B., Dean, G., Feagin, J., & Garrett, W. (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23(6), 573-578. <https://doi.org/Doi.10.1177/036354659702500312>
- Dambros, C., Martimbianco, A. L. C., Polachini, L. O., Lahoz, G. L., Chamlian, T. R., & Cohen, M. (2012). Effectiveness of cryotherapy after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Ortopédica Brasileira*, 20(5), 285-90. <https://doi.org/10.1590/S1413-78522012000500008>
- de Morton, N. A. (2009). The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 55(2), 129-133. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(09\)70043-1](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(09)70043-1)
- Fappiano, M., & Gangaway, J. M. (2008). Aquatic physical therapy improves joint mobility strength and edema in lower extremity orthopedic injuries. *The Journal of Aquatic Physical Therapy*, 16(1), 10-15.
- Hernández-Paredes, V., Varela-Martos, S., & Moraleda-Romero, B. (2011). Propuesta de readaptación para la rotura del ligamento cruzado anterior en fútbol. *Revista Internacional de Medicina Y Ciencias de La Actividad Física Y Del Deporte*, 11(43), 573-591.
- Humphries, L. S., Kueberuwa, E., Beederman, M., & Gottlieb, L. J. (2016). Wide excision and healing by secondary intent for the surgical treatment of hidradenitis suppurativa: A single-center experience. *Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery*, 69(4), 554-566. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2015.12.004>
- Jurado-Lavanant, A., Alvero-Cruz, J. R., Pareja-Blanco, F., Melero-Romero, C., Rodríguez-Rosell, D., & Fernandez-Garcia, J. C. (2015). the effects of aquatic plyometric training on repeated jumps, drop jumps and muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1398574>
- Jurado-Lavanant, A., Fernandez-Garcia, J. C., Pareja-Blanco, F., & Alvero-Cruz, J. R. (En prensa). Effects of Land Vs . Aquatic Plyometric Training on Vertical Jump. *Revista Internacional de Medicina Y Ciencias de La Actividad Física Y Del Deporte*.
- Kim, E., Kim, T., Kang, H., Lee, J., & Childers, M. K. (2010). Aquatic versus land-based exercises as early functional rehabilitation for elite athletes with acute lower extremity ligament injury: a pilot study. *PM&R*, 2(8), 703-712. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.03.012>
- Kobayashi, H., Kanamura, T., Koshida, S., Miyashita, K., Okado, T., Shimizu, T., & Yokoe, K. (2010). Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: A twenty-year clinical research of 1,700 athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(4), 669-675.
- Kuhne, C., & Zirkel, A. (1996). Accelerated rehabilitation following patellar tendon autograft anterior cruciate ligament reconstruction using the aqua-jogging protocol: A primary study. *American Journal of Sport Medicine*, 2, 15-23. <https://doi.org/10.1177/036354659001800313>
- Mangine, R. E., Minning, S. J., Eifert-Mangine, M., Colosimo, A. J., & Donlin, M. (2008). management of the patient with an acl/mcl injured knee. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 3(4), 204-211.
- Momberg, B., Louw, Q., & Crous, L. (2008). Accelerated hydrotherapy and land-based rehabilitation in soccer players after anterior cruciate ligament reconstruction: a series of three single subject case studies. *South African Journal of Sports Medicine*, 20(4), 109-114.
- Sayed, S. (2016). Effectiveness of Accelerated Rehabilitation for Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction in Football Players. *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 4(2), 1-5. <https://doi.org/10.4172/2329-9096.1000334>
- Tovin, B., Wolf, S., & Greenfield, B. (1994). Comparison of the effects of exercise in water and on land on the rehabilitation of patients with intra-articular anterior cruciate ligament reconstructions. *Physical Therapy*, 74(August), 710-719.
- Villalta, E. M., & Peiris, C. L. (2013). Early aquatic physical therapy improves function and does not increase risk of wound-related adverse events for adults after orthopedic surgery: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(1), 138-148. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.07.020>
- Walden, M., Krosshaug, T., Bjorneboe, J., Andersen, T. E., Faul, O., & Hagglund, M. (2015). Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases. *British Journal of Sports Medicine*, 49, 1452-1460. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094573>
- Zahinos, J. I., & Salinero Martín, J. J. (2010). Epidemiological study of the injuries, the processes of readaptation and prevention of the injury of anterior cruciate ligamento in the professional football. *Journal of Sport and Health Research*, 2(2), 7.
- Zamarioli, A., Pezolato, A., Mieli, E., & Shimano, A. (2008). The significance of water rehabilitation in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Physiotherapy*, 16(2), 3-6. <https://doi.org/10.2478/v10109-009-0013-z>